

대한민국 특허청  
KOREAN INTELLECTUAL  
PROPERTY OFFICE

4  
JC857 U.S. PRO  
10/051375  
01/11/02

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

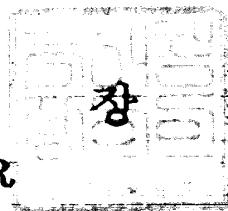
출원번호 : 특허출원 2001년 제 52030 호  
Application Number PATENT-2001-0052030

출원년월일 : 2001년 08월 28일  
Date of Application AUG 28, 2001

출원인 : 한국표준과학연구원  
Applicant(s) KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE

2001 년 11 월 16 일

특허청  
COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2001.08.28
【발명의 명칭】	2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정방법 및 비선형 오차 보상방법 그리고 이를 이용한 길이 측정을 위한 위상각 측정방법 및 측정 시스템
【발명의 영문명칭】	Method and system for correcting the non-linearity error in a two-frequency laser interferometer
【출원인】	
【명칭】	한국표준과학연구원
【출원인코드】	3-1998-007764-4
【대리인】	
【성명】	박만순
【대리인코드】	9-1998-000234-8
【포괄위임등록번호】	1999-041592-5
【발명자】	
【성명의 국문표기】	엄태봉
【성명의 영문표기】	EOM, TAE BONG
【주민등록번호】	580319-1351111
【우편번호】	305-345
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 한울아파트 107-304
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	서호성
【성명의 영문표기】	SUH, HO SUHNG
【주민등록번호】	560829-1683524
【우편번호】	302-761
【주소】	대전광역시 서구 내동 롯데아파트 101-201
【국적】	KR

## 【발명자】

【성명의 국문표기】 최태영  
 【성명의 영문표기】 CHOI, TAE YOUNG  
 【주민등록번호】 730923-1447018  
 【우편번호】 302-280  
 【주소】 대전광역시 서구 월평동 437  
 【국적】 KR

## 【우선권주장】

【출원국명】 KR  
 【출원종류】 특허  
 【출원번호】 10-2001-0048463  
 【출원일자】 2001.08.11  
 【증명서류】 첨부  
 【심사청구】 청구  
 【취지】 특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대리인  
 박만순 (인)

## 【수수료】

【기본출원료】	20	면	29,000	원
【가산출원료】	27	면	27,000	원
【우선권주장료】	1	건	26,000	원
【심사청구료】	9	항	397,000	원
【합계】	479,000 원			
【감면사유】	정부출연연구기관			
【감면후 수수료】	252,500 원			
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통			

## 【요약서】

## 【요약】

본 발명은 2 주파수 레이저 간섭계에서의 비선형 오차 보상 및 이를 이용한 위상 각 측정방법에 관한 것으로, 2 주파수 레이저 간섭계의 비선형 오차 보정부에서 출력되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 진폭 a,b와 옵셋  $I_{x0}$ ,  $I_{y0}$  그리고 위상차  $\psi$  등의 타원계수를 계산하는 제 1단계와, 상기 타원계수로부터 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 옵셋과 진폭 그리고 위상을 보정하기 위한 조정 전압을 계산하는 제 2단계와, 상기 조정 전압에 의해 상기 비선형 오차 보정부에서 출력되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 옵셋  $I_{x0}$ ,  $I_{y0}$ 가 '0'이 되고, 진폭 a,b가 동일한 값을 가지며, 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ ) 사이에서  $90^\circ$ 를 벗어난 위상차  $\psi$ 가 '0'이 되도록 보정하는 제 3단계 및 상기 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 옵셋, 진폭, 위상이 보정된 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )를 수학식 ( $\theta = \arctan(I_y'/I_x')$ )에 적용하여 위상각( $\theta$ )을 구하는 제 4단계로 구성된 것이다.

본 발명에 의하면,  $90^\circ$ 위상 혼합기에서 싸인 코싸인형태로 표시되는 두 출력신호가 정확한 싸인과 코싸인형태에서 벗어난 정도인 옵셋, 진폭, 위상차를 측정하여 2 주파수 레이저 간섭계에서 발생되는 주기적인 비선형 오차를 보정함으로써 2 주파수 레이저 간섭계를 이용한 길이 측정의 정확도를 크게 향상시킬 수 있는 것이다.

## 【대표도】

도 5

1020010052030

출력 일자: 2001/11/19

【색인어】

간섭계. 위상각. 거리. 옵셋. 진폭. 위상. 비선형. 오차.

**【명세서】****【발명의 명칭】**

2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정방법 및 비선형 오차 보상방법 그리고 이를 이용한 길이 측정을 위한 위상각 측정방법 및 측정시스템{Method and system for correcting the non-linearity error in a two-frequency laser interferometer}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1은 종래의 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정시스템을 나타낸 구조도이다.

도 2는 광학계 및 전자계에서 비선형 오차가 없을 때  $90^\circ$  위상 혼합부에서 출력되는 완벽한 코싸인 및 싸인형태의 두 출력신호( $I_X$ )( $I_Y$ )로서, 옵셋(offset)이 없고, 진폭이 같으며, 두 출력신호( $I_X$ )( $I_Y$ )의 위상 차이가  $90^\circ$ 인 일 예이다.

도 3은 도 2에서의 두 출력신호( $I_X$ )( $I_Y$ )에 대한 리샤쥬 그림(Lissajou figure)으로서, 비선형 오차가 없을 때 완벽한 원으로 나타난다.

도 4는 본 발명에 의한 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정시스템을 나타낸 구조도이다.

도 5는 본 발명에 의한 2 주파수 레이저 간섭계에서의 비선형 오차 보상방법 및 이를 이용한 길이 측정을 위한 위상각 측정방법과 이를 위한 측정시스템을 나타낸 구조도이다.

도 6은 광학계 및 전자계에서 비선형 오차가 있을 때  $90^\circ$  위상 혼합부의 두 출력 신호( $I_x$ )( $I_y$ )로서, 옵셋(offset)이 있고, 진폭이 다르며, 두 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )의 위상차이가  $90^\circ$ 가 안 되는 일 예이다.

도 7은 도 5에서의 두 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ ), 즉 도 6과 같은 신호에 대한 리샤쥬 그림(Lissajou figure)으로서, 비선형 오차에 의해 찌그러진 타원이 됨을 보여준다.

도 8은 본 발명에 의한 보정방법을 적용하였을 경우 비선형 오차가 축소됨을 보여주는 도면으로서, 도면에서 점선은 보정 이전의 비선형 오차를, 그리고 실선은 보정 이후에 남아 있는 비선형 오차를 나타낸다.

도 9는 전기용량식 길이측정기(Capacitance-type displacement sensor)와 레이저 간섭계와의 길이측정값의 차이를 비교한 예로서, 종래 기술에 의한 비선형 오차가 본 발명의 오차보정법을 적용하였을 경우 이전의 주기적인 오차가 제거됨을 보여준다.

#### ※ 도면의 주요 부분에 대한 부호 설명 \*

1 : 레이저(Frequency stabilized laser)

2 : 광분리기(Beamsplitter)

3 : 편광 광분리기(Polarizing

beamsplitter)

4a,4b : 거울(mirror)

5a,5b : 편광판(Polarizer)

6a,6b : 광검출기(Photodetector)

7 :  $90^\circ$ 위상 변환기( $90^\circ$ phase shifter)

8a,8b : 믹서(Mixer)

9a,9b : 저주파 필터(Low-pass filter)

11a, 11b : 옵셋 보정기(Offset adjustment)

12a, 12b : 진폭 보정기(Amplitude adjustment)

13 : 위상 보정기(Phase adjustment)

14 : A/D 변환기(Analog-to-digital converter)

15 : D/A 변환기(Digital-to-analog converter)

16 : 루업 테이블(lookup table) 17 : 마이크로프로세서(microprocessor)

100 : 간섭계

200 : 90° 위상 혼합부

300 : 비선형 오차 보정부

400 : 위상각 계산부

### 【발명의 상세한 설명】

#### 【발명의 목적】

#### 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<24> 본 발명은 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정방법 및 비선형 오차 보상방법 그리고 이를 이용한 위상각 측정방법과 측정시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 정밀하고 정확한 길이 측정에 사용되는 2 주파수 레이저 간섭계에서 발생되는 주기적인 비선형 오차 즉, 옵셋, 진폭, 위상 등을 보정함으로써 길이 측정의 정확도를 크게 향상시킬 수 있도록 하는 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정방법 및 비선형 오차 보상방법 그리고 이를 이용한 위상각 측정방법과 측정시스템에 관한 것이다.

<25> 도 1은 2 주파수 레이저 간섭계를 길이 측정에 적용하였을 경우의 광학계 및 전자계의 전형적인 구조도이다.

<26> 레이저(1)에서 발진되며, 서로 직교하고 선형 편광을 가지는 두 주파수의 레이저 광속(이하에서는, 서로 다른 주파수를 가지는 레이저 광속의 주파수를 각각  $\omega_1$  과  $\omega_2$ 라 하고, 이에 대응되는 파장을 각각  $\lambda_1$ 과  $\lambda_2$ 라 하며, 진폭을 각각 A 와 B라 하며, 초기 위상을 각각  $Q_A$ 와  $Q_B$ 라 한다.)은 광분리기(2)에 의해 둘로 분리되는데, 이는 길이 측정을 위한 기준광과 측정광으로 사용된다.

<27> 상기 광분리기(2)에 의해 반사 분리된 기준광은 레이저 편광축에 대하여  $45^\circ$ 로 놓인 편광판(5a)을 통과한 후 광 검출기(6a)에 입사하게 된다.

<28> 이때 수직 수평 선형편광을 갖는 두 레이저 광속의 전자기장( $Er_1$ )( $Er_2$ )은 아래의 수학식 1,2와 같이 표현된다.

<29> **【수학식 1】**  $Er_1 = A \exp [i(\omega_1 t + \theta_A)]$

<30> **【수학식 2】**  $Er_2 = B \exp [i(\omega_2 t + \theta_B)]$

<31> 여기서  $\theta_A$ ,  $\theta_B$ 는 초기 위상을 나타낸다. 광검출기(6a)의 출력( $I_r$ )은 아래의 수학식 3과 같이 표현되는 두 레이저 광속의 간섭신호로 검출되게 된다.

<32> **【수학식 3】**  $I_r \propto (A^2 + B^2)/2 + AB \cos [\Delta\omega t + (\theta_B - \theta_A)]$

<33> 여기서,  $\Delta\omega$ 는 두 레이저 광속의 주파수 차( $\omega_1 - \omega_2$ )이고, 수학식 3의 신호는 기준신호로 사용된다.

<34> 주파수 혼합(frequency mixing)이 없을 경우 광분리기(2)를 통과한 레이저 광속은 편광 광분리기(3)에 의해 수직 수평 편광성분으로 완벽하게 둘로 분리되어 일 반적으로 코너큐브 프리즘(corner cube prism)이 사용되는 거울(4a)(4b)로 각각

입사하게 된다. 그리고 이 레이저 광속은 고정거울(4a)과 이동거울(4b)에 의해 각각 반사된 후 다시 편광 광분리기(3)에서 혼합되어 간섭된다.

<35> 여기서, 두 레이저 광속은 다른 광경로( $L_1$ )( $L_2$ )(여기서,  $L_1$ 은 편광 분리기(3)에서 고정거울(4a)까지의 거리를, 그리고  $L_2$ 는 이동거울(4b)까지의 거리를 일컫는다.)를 갖게 되는데, 이 레이저 광속은 편광판(5b)을 통과한 후 광검출기(6b)에서 두 레이저 광속의 간섭신호가 검출되게 된다.

<36> 이때 수직 수평 선형편광을 갖는 두 레이저 광속의 전자기장( $E_{m1}$ )( $E_{m2}$ )은 아래의 수학식 4,5와 같이 표현된다.

$$<37> \quad \text{【수학식 4】} \quad E_{m1} = A \exp[i(\omega_1 t + \theta_A)]$$

$$<38> \quad \text{【수학식 5】} \quad E_{m2} = B \exp[i(\omega_2 t + \theta_B + \theta)]$$

<39> 이러한 광검출기(6b)의 출력( $I_m$ )은 위의 수학식 4,5로 표현되는 두 레이저 광속의 간섭신호로 검출되는데, 이는 아래의 수학식 6과 같이 표현되며, 측정신호로 사용된다.

$$<40> \quad \text{【수학식 6】} \quad I_m \propto (A^2 + B^2)/2 + AB \cos[\Delta\omega t + (\theta_B - \theta_A) + \theta]$$

<41> 여기서,  $\theta$ 는 위상각으로서, 반사경인 두 거울(4a)(4b) 사이의 광경로차( $L$ )에 의해 발생되며, 이는 아래의 수학식 7과 같이 표현할 수 있다.

$$<42> \quad \text{【수학식 7】} \quad \theta = 4\pi n L / \lambda$$

<43> 여기서,  $n$ 은 레이저 광속이 통과하는 매질(보통, '공기'를 말한다.)의 굴절률이고,  $L$ 은 두 거울(4a)(4b) 사이의 광경로차( $L_1 - L_2$ )이다. 위의 수학식 3과 6은 두

광속의 주파수 차인  $\Delta\omega$ 의 맥놀이 주파수(beat frequency)를 갖는 정현파의 신호(sinoidal signal)로 서로 다른 위상을 갖는다.

<44> 따라서, 거울의 이동거리  $L$ 은 두 간섭신호, 즉 수학식 3의  $I_r$ 과 수학식 6의  $I_m$  사이의 위상차( $\theta$ )를 측정함으로써 결정된다. 위의 위상차( $\theta$ )를 측정하는 방법으로는 여러 기술이 있으나, 여기서는 본 발명과 관련이 있는 90°위상 혼합법을 설명하기로 한다.

<45> 먼저, 90°위상 변환기(7)와 두 개의 믹서(8a)(8b)로 구성되며, 록인 증폭기(lockin-amplifier)에서 사용되는 90°위상 혼합부는 두 맥놀이 신호( $I_r$ )( $I_m$ )를 입력 받아 위상각( $\theta$ )의 싸인(sine)과 코싸인(cosine) 형태에 비례하는 신호를 출력하게 된다. 여기서, 90°의 위상 차이가 나는 싸인과 코싸인 형태의 신호는 이동거울의 이동량과 방향을 측정하는데 이용된다.

<46> 90°위상 혼합부의 기능을 자세히 설명하면 다음과 같다. 두 맥놀이 신호( $I_r$ )( $I_m$ )는 고주파필터에 의해  $\Delta\omega$ 의 맥놀이 주파수에 해당되는 신호만 통과된 후 광검출기(6a)로부터의 기준 맥놀이 신호( $I_r$ )는 원래의 기준 맥놀이 신호와 90°위상 변환기(7)에 의해 90°위상이 바뀐 기준 맥놀이 신호로 나누어지고, 광검출기(6b)로부터의 측정 맥놀이 신호( $I_m$ )는 동일한 위상을 갖는 두 신호로 나누어진다. 위와 같은 4개의 기준 및 측정 맥놀이 신호는 두 개의 믹서(8a)(8b)에 의해 서로 곱해져 아래의 수학식 8, 9와 같은 두 신호로 출력되게 된다.

<47> **【수학식 8】**  $I_x \propto \cos(\Delta\omega t) \cos(\Delta\omega t + \theta)$

<48> **【수학식 9】**  $I_y \propto \sin(\Delta\omega t) \cos(\Delta\omega t + \theta)$

<49> 위의 신호( $I_X$ )( $I_Y$ ) 중 고주파 성분이 저주파 필터(9a)(9b)를 통과하면서 제거되어 위상각( $\theta$ )만을 포함한 아래의 수학식 10,11과 같은 신호( $I_X$ )( $I_Y$ )만이 저주파 필터(9a)(9b)로부터 출력되게 된다.

<50> 【수학식 10】  $I_X \propto \cos\theta$

<51> 【수학식 11】  $I_Y \propto \sin\theta$

<52> 위의 수학식 10과 11의 신호( $I_X$ )( $I_Y$ )를 보면, 이는 도 2와 같이 두 신호 사이에  $90^\circ$ 의 위상 차이를 가지며, 진폭이 같고 옵셋이 없는 완벽한 싸인, 코싸인 형태를 갖는다. 또한, 위의 신호( $I_X$ )( $I_Y$ )를 직교 좌표계의 X, Y축에 대응하여 그린 리샤쥬 그림은 도 3과 같이 완벽한 원을 그리게 된다. 이와 같이 비선형 오차가 없는 수학식 10과 11로 표시되는 신호일 경우 위상각  $\theta$ 는 아래의 수학식 12로부터 아주 쉽게 구할 수 있다.

<53> 【수학식 12】  $\theta = \arctan(I_Y/I_X)$

<54> 지금까지 설명한 종래의  $90^\circ$ 위상 혼합법에 의하면, 편광 광분리기(3)에 의해 주파수가 다른 두 레이저 광속( $\omega_1$ )( $\omega_2$ )이 완벽하게 분리되는 이상적인 경우에 비선형 오차가 없이 길이 측정용 간섭계에 적용될 수 있다.

<55> 그러나, 이와 같이 주파수 혼합 없이 비선형 오차가 발생되지 않는 이상적인 조건은 실제 상황에서 달라진다. 즉, 레이저(1)로부터의 레이저 광속의 비직교성 (non-orthogonality of the polarization)과 타원성(elliptical polarization), 편광 광분리기(3)의 잘못된 정렬과 불완전성 등으로 인하여, 두 주파수의 성분이

편광 광분리기(3)에서 완벽하게 분리되지 않고 다른 주파수 성분이 일부 섞이게 된다.

<56> 이와 같은 주파수 혼합(frequency mixing)에 의해 측정된 위상각( $\theta$ )과 실제 두 거울 사이의 상대적인 이동거리( $L$ ) 사이에 비선형적인 관계를 갖게 된다. 이것은 계산된 거리( $L$ )가 주기적인 비선형 오차를 갖게 됨을 의미한다.

<57> 이와 같이 2 주파수 레이저 간섭계에서  $90^\circ$ 위상 혼합기술만을 사용한 종래의 방법에서는 주파수 혼합에 의한 비선형 오차를 고려하지 않고 사용하기 때문에 길이 측정에 오차가 발생되는 등의 문제가 있다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<58> 상기한 바와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위한 본 발명은 2 주파수 레이저 간섭계에서 위상각 측정을 위해 사용되는  $90^\circ$ 위상 혼합기에서 출력되는 싸인과 코싸인 형태의 두 신호의 옵셋, 진폭, 위상 등을 측정하고 보정함으로써 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정의 정확도를 크게 향상시키기 위한 비선형 오차 보상방법 그리고 이를 적용한 위상각 측정방법 및 측정시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.

#### 【발명의 구성 및 작용】

<59> 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 하나의 실시예는, 2 주파수 레이저 간섭계와  $90^\circ$ 위상 혼합부 및 위상각 계산부를 구비하며, 고정 및 이동거울에 반사된 두 주파수 레이저 광속의 간섭으로 생성된 길이 측정을 위한 측정신호( $I_m$ )에 두 주파수 레이저 광속의 간섭으로 생성된 기준신호( $I_r$ )와  $90^\circ$ 위상 변

환된 기준신호( $I_r$ )를 혼합한 후 이들로부터 고주파 성분을 필터링하여 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )를 생성하고, 이들로부터 길이 측정을 위한 위상각( $\theta$ )을 구하는 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정방법에 있어서, 상기  $90^\circ$  위상 혼합부에서 출력되는 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )와, 이에 포함되어 있는 진폭  $a, b$ 와 옵셋  $I_{x0}, I_{y0}$  그리고 위상차  $\phi$  등의 타원계수를 구하고, 이를 아래의 수학식에 적용하여 위상각( $\theta$ )을 계산하는 것을 특징으로 한다.

$$<60> \theta = \tan^{-1} [\cos\phi(\sin\phi + (b/a)(I_x - I_{x0})/(I_y - I_{y0}))]$$

<61> 본 발명의 다른 실시예는, 2 주파수 레이저 간섭계와  $90^\circ$ 위상 혼합부 및 위상각 계산부를 구비하여, 고정 및 이동거울에 반사된 두 주파수 레이저 광속의 간섭으로 생성된 길이 측정을 위한 측정신호( $I_m$ )에 두 주파수 레이저 광속의 간섭으로 생성된 기준신호( $I_r$ )와  $90^\circ$ 위상 변환된 기준신호( $I_r$ )를 혼합한 후 이들로부터 고주파 성분을 필터링하여 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )를 생성하고, 이들로부터 길이 측정을 위한 위상각( $\theta$ )을 구하는 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정방법에 있어서, 상기  $90^\circ$ 위상 혼합부에서 출력되는 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )로부터 이 신호의 진폭  $a, b$ 와 옵셋  $I_{x0}, I_{y0}$  그리고 위상차  $\phi$  등의 타원계수를 구하고 이 타원 계수와 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )의 값을 아래의 수학식에 적용하여 위상각( $\theta$ )을 계산하는 방식으로 각 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )와 이들로부터 계산된 위상각( $\theta$ )을 한 쌍으로 하는 데이터로 각 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )에 대한 룩업 테이블(lookup table)을 작성하여, 위상각( $\theta$ )을 측정할 때 상기  $90^\circ$ 위상 혼합부에서 출력되는

출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )와 한 쌍을 이루는 위상각( $\theta$ )을 상기 룩업 테이블로부터 읽어내는 것을 특징으로 한다.

$$<62> \theta = \tan^{-1} [\cos\phi (\sin\phi + (b/a)(I_x - I_{x0})/(I_y - I_{y0}))]$$

<63> 본 발명의 또 다른 실시예는, 2 주파수 레이저 간섭계와 90°위상 혼합부, 비선형 오차 보정부, 위상 계산부를 구비하며, 고정 및 이동거울에 반사된 두 주파수 레이저 광속의 간섭으로 생성된 길이 측정을 위한 측정신호( $I_m$ )에 두 주파수 레이저 광속의 간섭으로 생성된 기준신호( $I_r$ )와 90°위상 변환된 기준신호( $I_r'$ )를 혼합한 후 이들로부터 고주파 성분을 필터링하여 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )를 생성하고, 이들로부터 길이 측정을 위한 위상각( $\theta$ )을 구하는 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 비선형 오차 보상방법에 있어서, 상기 비선형 오차 보정부에서 출력되는 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )의 진폭  $a, b$ 와 옵셋  $I_{x0}, I_{y0}$  그리고 위상차  $\phi$  등의 타원계수를 계산하는 제 1단계와, 상기 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )와 타원계수로부터 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 옵셋과 진폭 그리고 위상을 보정하기 위한 조정 전압을 계산하는 제 2단계와, 상기 조정 전압에 의해 상기 비선형 오차 보정부에서 출력되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 옵셋  $I_{x0}, I_{y0}$ 가 '0'이 되고, 진폭  $a, b$ 가 동일한 값을 가지며, 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ ) 사이에서 90°를 벗어난 위상차  $\phi$ 가 '0'이 되도록 보정하는 제 3단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

<64> 본 발명의 또 다른 실시예는, 2 주파수 레이저 간섭계와 90°위상 혼합부 및 비선형 오차 보정부, 위상각 계산부를 구비하며, 고정 및 이동거울에 반사된 두 주파수

레이저 광속의 간섭으로 생성된 길이 측정을 위한 측정신호( $I_m$ )에 두 주파수 레이저 광속의 간섭으로 생성된 기준신호( $I_r$ )와  $90^\circ$  위상 변환된 기준신호( $I_r'$ )를 혼합한 후 이로부터 고주파 성분을 필터링하여 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )를 생성하고, 이로부터 길이 측정을 위한 위상각( $\theta$ )을 구하는 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정방법에 있어서, 상기 비선형 오차 보정부에서 출력되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 진폭  $a, b$ 와 옵셋  $I_{x0}, I_{y0}$  그리고 위상차  $\psi$  등의 타원계수를 계산하는 제 1단계와, 상기 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )와 타원계수로부터 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 옵셋과 진폭 그리고 위상을 보정하기 위한 조정 전압을 계산하는 제 2단계와, 상기 조정 전압에 의해 상기 비선형 오차 보정부에서 출력되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 옵셋  $I_{x0}, I_{y0}$ 가 '0'이 되고, 진폭  $a, b$ 가 동일한 값을 가지며, 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ ) 사이에서  $90^\circ$ 를 벗어난 위상차  $\psi$ 가 '0'이 되도록 보정하는 제 3단계 및 상기 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 옵셋, 진폭, 위상이 보정된 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )를 아래의 수학식에 적용하여 위상각( $\theta$ )을 계산하는 제 4단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

$$<65> \theta = \arctan(I_y/I_x)$$

<66> 이하에서는 본 발명의 여러 실시예를 설명할 때 종래의 구성과 동일한 간섭계 (100)와  $90^\circ$  위상 혼합부(200)에 대한 구체적인 설명은 생략하고, 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 부호를 부여한다.

<67> 도 4 및 도 5를 참조하면, 본 발명은 두 주파수 레이저 광속의 간섭으로 생성된 기준신호( $I_r$ )와 고정 및 이동거울(4a)(4b)에 반사된 두 주파수 레이저 광속의 간

섭으로 생성된 길이 측정을 위한 측정신호( $I_m$ )를 출력하는 2 주파수 레이저 간섭계(100)와, 상기 간섭계(100)에서 출력되는 측정신호( $I_m$ )에 기준신호( $I_r$ )와  $90^\circ$  위상 변환된 기준신호( $I_r$ )를 각각 혼합한 후 고주파 성분을 필터링하여 위상 감지를 위한 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )를 출력하는  $90^\circ$  위상 혼합부(200)와, 비선형 오차 보정부(300)에서 출력되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )를 피드백받아 상기 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 진폭  $a, b$ 와, 옵셋  $I_{xo}, I_{yo}$  그리고 위상차  $\psi$  등의 타원계수를 구하고, 이로부터 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 진폭과 옵셋, 위상을 보정하기 위한 조정 전압을 계산하고, 상기 계산된 조정전압에 의해 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 옵셋  $I_{xo}, I_{yo}$  가 '0'이 되고, 진폭  $a, b$ 가 동일한 값을 가지며, 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ ) 사이에서  $90^\circ$ 를 벗어난 위상차  $\psi$ 가 '0'이 되도록 보정하는 비선형 오차 보정부(300) 및 상기 비선형 오차 보정부(300)로부터 출력되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )를 수학식( $\theta = \arctan(I_y'/I_x')$ )에 적용하여 위상각( $\theta$ )을 구하는 위상각 계산부(400)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

<68> 더욱 상세하게는 상기 간섭계(100)는, 주파수가 서로 다른 수직·수평의 편광성분을 갖는 레이저 광속( $\omega_1$ )( $\omega_2$ )을 발진하는 레이저(1)와, 상기 레이저 광속을 편광 광분리기(3)에 입사하기 위한 측정광과 편광판(5a)을 통해 광검출기(6a)에 입사하기 위한 기준광으로 각각 분리하는 광분리기(2)와, 상기 광분리기(2)의 기준광에서 두 레이저 광속의 간섭신호인 기준신호( $I_r$ )를 검출하여 띠서(8a)와  $90^\circ$  위상 변환기(7)에 각각 공급하는 광검출기(6a)와, 상기 광분리기(2)에서 출력되는 두 레이저 광속의 측정광을 고정거울(4a)과 이동거울(4b)에 입사시켰다가 반사되는 두 레이저 광속을 다시 혼합한 후 편광판(5b)을 통해 광검출기(6b)에 공

급하는 편광 광분리기(3) 및 상기 편광 광분리기(3)의 측정광에서 두 레이저 광 속의 간섭신호인 측정신호( $I_m$ )를 검출하여 믹서(8a)(8b)에 각각 공급하는 광검출기(6b)로 구성될 수 있다.

<69> 또한, 상기  $90^\circ$ 위상 혼합부(200)는, 상기 광검출기(6a)에서 공급되는 기준신호( $I_r$ )를  $90^\circ$ 위상 변환시켜 믹서(8b)에 공급하는  $90^\circ$ 위상 변환기(7)와, 상기 광검출기(6b)에서 출력되는 측정신호( $I_m$ )에 상기 광검출기(6a)에서 출력되는 기준신호( $I_r$ )를 혼합하는 믹서(8a)와, 상기 광검출기(6b)에서 출력되는 측정신호( $I_m$ )에 상기  $90^\circ$ 위상 변환기(7)를 통해  $90^\circ$ 위상 변환된 기준신호( $I_r$ )를 혼합하는 믹서(8b) 및 상기 믹서(8a)(8b)에서 출력되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )로부터 고주파 성분을 필터링하여 옵셋 보정기(11a)(11b)에 각각 공급하는 저주파 필터(9a)(9b)로 구성될 수 있다.

<70> 그리고, 상기 비선형 오차 보정부(300)는, A/D 변환기(14)를 통해 비선형 오차 보정부(300)로부터 피드백되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 진폭  $a, b$ 와, 옵셋  $I_{xo}, I_{yo}$  그리고 위상차  $\psi$  등의 타원계수를 구하고, 이로부터 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 진폭과 옵셋, 위상을 보정하기 위한 조정 전압을 계산하는 마이크로프로세서(17)와, D/A 변환기(15)를 통해 상기 마이크로프로세서(17)에서 출력되는 조정 전압에 의해 상기 비선형 오차 보정부(300)로부터 피드백되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 옵셋  $I_{xo}, I_{yo}$ 가 '0'이 되도록 보정하는 옵셋 보정기(11a)(11b)와, 상기 D/A 변환기(15)를 통해 상기 마이크로 프로세서(17)로부터 출력되는 조정 전압에 의해 상기 비선형 오차 보정부(300)를 통해 피드백되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 진폭  $a, b$ 가 동일한 값을 갖도록 보정하는 진폭 보정기(12a)(12b) 및 상기 D/A변환기(15)를 통

해 상기 마이크로 프로세서(15)로부터 출력되는 조정 전압에 의해 상기 비선형 오차 보정부(300)를 통해 피드백되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ ) 사이에서  $90^\circ$ 를 벗어난 위상값  $\psi$ 가 '0'이 되도록 보정하는 위상 보정기(13)를 구비하고 있다.

<71> 특히, 상기 비선형 오차 보정부(300)의 옵셋 보정기(11a)(11b)와 진폭 보정기(12a) (12b) 그리고 위상 보정기(13)는, 서로 다른 순서로 배열하여도 동일한 효과를 얻을 수 있을 것이다.

<72> 상기 비선형 오차 보정부(300)를 이용한 오차 자동 보정 방법을 적용하지 않고 위상각 계산부(400)에서 직접 상기  $90^\circ$ 위상 혼합부(200)에서 출력되는 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )로부터 상기 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )의 진폭  $a$ ,  $b$ 와, 옵셋  $I_{xo}$ ,  $I_{yo}$  그리고 위상차  $\psi$  등의 타원계수를 구한 후 위상각( $\theta$ )를 아래에서 설명될 여러 수학식에 적용하여 계산하여도 비선형성이 제거된 위상각( $\theta$ )을 구할 수 있을 것이다. 하지만, 이 방법은 하나의 위상각 계산부(400) 즉, 마이크로 프로세서에 의해 타원계수를 구하고 또 계산시간이 많이 필요한 수학식 22 등을 계산하기 때문에 실시간적으로 비선형 오차를 보정하는데 한계가 있다.

<73> 또한, 상기  $90^\circ$ 위상 혼합부(200)에서 출력되는 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )의 진폭  $a$ ,  $b$ 와, 옵셋  $I_{xo}$ ,  $I_{yo}$  그리고 위상차  $\psi$  등의 타원계수를 계산한 후 여러 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )의 많은 데이터 쌍에 해당되는 위상각( $\theta$ )을 수학식 22로부터 구하여 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )에 대한 위상각( $\theta$ )을 룩업 테이블(lookup table)로 작성한 후 상기 룩업 테이블로부터 상기 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )에 해당하는 위상각( $\theta$ )을 구할 수도 있다.

<74> 본 발명을 설명하기에 앞서 2 주파수 레이저 간섭계의 비선형 오차를 이론적으로 살펴보자. 위에서도 언급했듯이, 2 주파수 레이저 간섭계(100)가 비선형 오차를 갖지 않는 것이 바람직하다. 이 경우,  $90^\circ$ 위상 혼합부(200)에서 출력되는 두 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )는 도 2와 같이 위상각( $\theta$ )의 순수한 싸인, 코싸인 형태일 뿐더러 진폭이 서로 같고 옵셋이 없으며  $90^\circ$ 의 정확한 위상 차이가 갖는다.

<75> 여기서, 위의 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )는 이동거울(4b)이 반 파장( $\lambda/2$ )만큼 이동할 때마다 한 주기씩 변하게 된다. 또한, 이를 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )에 대한 리샤쥬 그림은 도 3과 같이 완벽한 원이 그리게 된다. 따라서 위상각( $\theta$ )은 수학식 10과 11의 아크탄젠트(arctan)인 수학식 12로부터 쉽게 구할 수 있을 것이다.

<76> 하지만, 실제의 길이 측정장치에서는 피할수 없는 주파수의 혼합으로 광분리기(2)에서 반사된 레이저 광속이 편광 광분리기(3)에서 완벽하게 분리되지 않고 다른 주파수 성분의 빛이 약간 섞이게 된다.

<77> 진폭 A, B인 두 주파수 레이저 광속에 다른 주파수 성분이  $\alpha$ ,  $\beta$ 만큼 혼합되어 편광 광분리기(3)에 의해 분리된다고 가정하면, 다른 주파수 성분( $\alpha$ ,  $\beta$ )을 포함한 두 레이저 광속은 고정거울(4a)과 이동거울(4b)에서 각각 반사된 후 다시 편광 광분리기(3)에서 합해진다. 여기서, 다른 주파수 성분  $\alpha$ ,  $\beta$ 는 진폭 A, B에 비해 매우 작은 양이다.

<78> 상기한 편광 광분리기(3)에 의해 합해지는 두 레이저 광속은 각각 서로 다른 광경로( $L_1$ )( $L_2$ )를 거쳐 편광판(5b)을 통해 광 검출기(6b)에 의해 두 레이저 광속의 간섭신호로 검출되는데, 그 측정신호( $I_m$ )는 아래의 수학식 13과 같이 표현된다.

<79> 【수학식 13】  $I_m \propto (A^2 + B^2 + \alpha^2 + \beta^2)/2 + AB \cos[\Delta\omega t + \theta + (\theta_B - \theta_A)] + A\beta \cos[\Delta\omega t + (\theta_A - \theta_B)]$

<80>  $+ B\alpha \cos[\Delta\omega t + (\theta_B - \theta_\alpha)] + A\alpha \cos[\theta + (\theta_\alpha - \theta_A)] + B\beta \cos(\theta + \theta_B - \theta_\beta)]$

<81>  $+ \alpha\beta \cos[\Delta\omega t - \theta + (\theta_\beta - \theta_\alpha)]$

<82> 물론, 광검출기(6a)에 의해 검출되는 기준신호( $I_r$ )는 수학식 3의 신호와 동일하게 표시된다. 위의 수학식 3과 수학식 13의  $I_r$ ,  $I_m$ 에서의 직류(DC)성분과 거의 직류성분과 유사한 성분은 도시되지 않은 고주파 필터(high-pass filter)에 의해 제거된다.

<83> 따라서, 수학식 3의 기준신호( $I_r$ )와 수학식 13의 측정신호( $I_m$ )는 아래의 수학식 14 및 15와 같이 간단한 식으로 표시된다.

<84> 【수학식 14】  $I_r \propto \cos(\Delta\omega t)$

<85> 【수학식 15】  $I_m \propto \cos(\Delta\omega t + \theta) + [(A\beta + B\alpha)/(AB)] \cos(\Delta\omega t) + (\alpha\beta)/(AB) \cos(\Delta\omega t - \theta)$

<86>  $= \cos(\Delta\omega t + \theta) + \Gamma_1 \cos(\Delta\omega t) + \Gamma_2 \cos(\Delta\omega t - \theta)$

<87> 여기서,  $\Gamma_1$ 은  $(A\beta + B\alpha)/(AB)$ 이고,  $\Gamma_2$ 는  $\alpha\beta/AB$ 이다.

<88> 위의 수학식 15에서 첫째 항은 기본 맥놀이 신호이고, 둘째, 셋째 항은 비선형 오차를 일으키는 항이다.

<89> 위의 광검출기(6a)(6b)로부터 두 맥놀이 신호( $I_r$ )( $I_m$ )를 입력받은  $90^\circ$  위상 혼합부(200)는 위상각( $\theta$ )의 싸인, 코싸인 형태에 거의 비례하는 신호를 출력한다.

<90> 다시 말하면, 기준신호( $I_r$ )는  $90^\circ$  위상 변환기(7)에 의해 기준신호( $I_r$ )와, 기준신호( $I_r$ )와  $90^\circ$ 의 위상 차이를 갖는 두 신호로 나뉘어져 각각 믹서(8a)(8b)에서 광검출기(6b)로부터 공급되는 측정신호( $I_m$ )와 각각 곱해져 아래의 수학식 16, 17과 같은 신호( $I_x$ )( $I_y$ )를 출력한다.

<91> 【수학식 16】  $I_x = \cos(\Delta\omega t)[\cos(\Delta\omega t + \theta) + \Gamma_1 \cos(\Delta\omega t) + \Gamma_2 \cos(\Delta\omega t - \theta)]$

<92> 【수학식 17】  $I_y = \sin(\Delta\omega t)[\cos(\Delta\omega t + \theta) + \Gamma_1 \cos(\Delta\omega t) + \Gamma_2 \cos(\Delta\omega t - \theta)]$

<93> 이렇게 곱해진 두 신호( $I_x$ )( $I_y$ )는 저주파 필터(9a)(9b)에 의해 고주파 성분이 제거되어, 위상각( $\theta$ )을 포함하는 수학식 18, 19와 같은 신호( $I_x$ )( $I_y$ )가 된다.

<94> 【수학식 18】  $I_x = [(1 + \Gamma_2)/2] \cos\theta + \Gamma_1/2$

<95> 【수학식 19】  $I_y = -[(1 - \Gamma_2)/2] \sin\theta$

<96> 위의 수학식 18, 19를 보면, 리샤쥬 그림에서의 타원의 직경은  $\Gamma_2$ 에 의해 변경되고,  $\Gamma_1$ 에 의해 원점이 이동됨을 알 수 있다.

<97> 도 1과 같은 종래의 기술에 의하면, 위상각( $\theta$ )은 수학식 12로부터 직접 구하였다.

<98> 그러나 수학식 12는 수학식 18, 19와 같이, 레이저 간섭계가 비선형 오차 항을 갖고 있을 때 정확한 위상값을 제공하지 못한다. 따라서, 수학식 12는 비선형오차 가 있을 경우 정확한 위상계산을 위하여 사용될 수 없어 수정되어야 함을 알 수 있다.

<99> 위에서 설명했듯이 주파수 혼합이 있을 경우 위상각( $\theta$ )의 싸인, 코싸인 형태인 믹서(8a)(8b)로부터 출력되는 두 신호( $I_x$ )( $I_y$ )가 비선형 오차에 의해 변형되어 있어, 수학식 12에 의한 위상각 계산은 정확한 위상을 제공하지 못한다는 것에 본 발명의 근거가 있다.

<100> 실제의 길이 측정장치에서는 전자장치 등의 이득(gain)이나 옵셋,  $90^\circ$ 위상 변환기(7)에서의  $90^\circ$ 위상 변환 등이 동일하게 이루어지지 않아 믹서(8a)(8b)로부터 출력되는 신호( $I_x$ )( $I_y$ )를 이론과는 약간 다른 수학식 20,21과 같이 표현할 수 있다.

<101> 【수학식 20】  $I_x = a \cos(\theta + \phi) + I_{xo}$

<102> 【수학식 21】  $I_y = b \sin(\theta) + I_{yo}$

<103> 여기서, a와 b는 진폭이고,  $I_{xo}$  와  $I_{yo}$  는 옵셋,  $\varphi$ 는  $90^\circ$ 위상으로부터의 차이를 나타낸다.

<104> 이는 믹서(8a)(8b)에서 출력되는 신호( $I_x$ )( $I_y$ )가 정확한 싸인, 코싸인 형태의 신호가 아니라는 것을 의미하는 것으로서, 도 6과 같이 다른 진폭, '0'이 아닌 옵셋과  $90^\circ$ 가 아닌 위상차를 갖는 신호임을 알 수 있다. 보다 명확하게는 도 7의 리샤쥬 그림을 보면, 축이 변환되고 직경이 다르며 원점이 이동한 타원임을 알 수 있다.

<105> 하지만, 위의 수학식 20,21에서 진폭 a, b와, 옵셋  $I_{xo}$ ,  $I_{yo}$  와,  $90^\circ$ 와 다른 위상차  $\phi$ 등을 정확하게 알 수 있다면, 오차가 보정된 위상각( $\theta$ )을 수학식 20,21로부터 아래의 수학식 22를 유도하여 구할 수 있다.

<106> 【수학식 22】  $\theta = \tan^{-1} [\cos\phi (\sin\phi + (b/a)(I_x - I_{xo})/(I_y - I_{yo}))]$

<107> 위의 수학식 22에 의해 계산된 위상각은 주파수 혼합에 의한 비선형 오차가 보정되어 있어, 위상각( $\theta$ )으로부터 이동거울(4b)의 상대적인 변위(L)을 정확하게 구할 수 있는 것이다.

<108> 만일, 2 주파수 레이저 간섭계(100)에서 비선형 오차가 없을 때, 즉 진폭 a, b가 같고 옵셋  $I_{xo}$ ,  $I_{yo}$ 와  $90^\circ$ 와 다른 위상차  $\psi$ 가 '0'일 경우에는 수학식 22가 수학식 12와 같이 되어, 주파수 혼합이 없을 때와 동일한 위상값을 갖는다.

<109> 실제로 길이를 측정함에 있어, 도 4의 길이 측정을 위한 위상각 측정시스템에서와 같이, 별도의 비선형 오차 보정 없이 맥서(8a)(8b)로부터 출력되는 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )를 맥서(8a)(8b) 후단의 A/D 변환기(14)를 통해 변환한 후 위상각 계산부(400)에 입력하면, 위상각 계산부(400)는 상기한 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )와 그로부터 계산된 타원계수를 위의 수학식 22에 적용하여 해당 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )에 대한 위상각( $\theta$ )을 매번 계산하여 간섭계(100)에서의 비선형 오차를 보정할 수도 있으나, 이 경우 수학식 22를 계산하는데 많은 시간이 소요되는 관계로 측정 중에 타원계수와 수학식 22를 계산하여 오차를 보정하는 방법은 실시간 측정에 적용하는데 한계가 있다.

<110> 따라서, 보다 빠른 보정을 위해 도 4에서와 같이 맥서(8a)(8b)로부터 출력되는 신호( $I_x$ )( $I_y$ )에 대한 많은 데이터 쌍의 위상각( $\theta$ )을 수학식 22를 기초로 미리 계산하여 비선형 오차의 보정 없이 위상각 계산부(400)에 연결되어 있는 루업 테이블(16)에 저장하였다가 맥서(8a)(8b)로부터 출력되는 신호( $I_x$ )( $I_y$ )가 입력될

때마다 그에 대응되는 위상각( $\theta$ )을 루업 테이블(16)로부터 찾아 보정할 수 있을 것이다.

<111> 다시 말하면, 마이크로프로세서를 포함하는 위상각 계산부(400)는 A/D 변환기(14)를 통해 입력되는 신호( $I_x$ )( $I_y$ )값을 읽은 후 해당 신호( $I_x$ )( $I_y$ )값에 대응하는 데이터 쌍의 위상각( $\theta$ )을 마이크로 프로세서를 구비한 위상각 계산부(400)에 연결되어 있는 루업 테이블(16)로부터 취하면 수학식 22에 의한 별도의 계산하는 과정 없이도 빠른 시간 내에 위상각( $\theta$ )을 알 수 있다.

<112> 이와 같은 루업 테이블을 이용한 방법으로 실시간에 가깝게 위상값을 구할 수 있으나, 진폭 a,b와 옵셋  $I_{xo}$ ,  $I_{yo}$  등의 타원계수가 길이를 측정하는 중에 변할 경우에는 정확한 위상값을 얻을 수 없다.

<113> 만약, 수학식 20,21에서 맥서(8a)(8b)로부터 출력되는 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )를 전자적으로 조정하여 수학식 10,11과 같은 형태로 보정을 하면 즉, 진폭 a와 b가 같고 옵셋  $I_{xo}$ 와  $I_{yo}$ 가 '0'이 되도록 조정하면, 수학식 22에 의해 계산하지 않고 거의 실시간적으로 위상을 정확하게 구할 수 있는 것이다.

<114> 위의 수학식 12에 의해 위상을 구하는 방법에 대해서는 앞선 설명으로도 당업자가 충분히 실시 가능하기에 구체적으로 설명하지 않는다.

<115> 도 5에 의하면,  $90^\circ$ 위상 혼합부(200)로부터 출력되는 두 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ ), 즉 저주파 필터(9a)(9b)에서 출력되는 두 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )는 비선형 오차 보정부(300)의 옵셋 보정기(11a)(11b)에 각각 입력되게 된다.

<116> 옵셋 보정기(11a)에 입력된 신호( $I_y$ )는 진폭 보정기(12a)와 위상 보정기(13)를 통해 최종적으로 보정된 출력신호( $I_y'$ )로 A/D 변환기(14)에 의해 변환되어 마이크로프로세서(17)에 입력되고, 옵셋 보정기(11b)에 입력되는 출력신호( $I_x$ )는 진폭 보정기(12b)만을 통해 출력신호( $I_x'$ )로 A/D 변환기(14)에 의해 변환되어 마이크로프로세서(17)에 입력되게 된다.

<117> 즉, 위의 진폭 보정기(12b)의 출력과 위상 보정기(13)의 출력은 A/D 변환기(14)에 의해 각각 디지털 상태로 변환되어 마이크로 프로세서(17)에 입력되는 것이다. 이어서, 마이크로프로세서(17)는 진폭 보정기(12b)와 위상 보정기(13)로부터의 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )를 기초로 하여 진폭 a,b와 옵셋  $I_{xo}$ ,  $I_{yo}$ , 위상차  $\psi$  등의 타원계수를 계산하고, 옵셋, 진폭, 위상 등의 비선형 오차를 보정하기 위한 피드백 전압(feedback voltage), 즉 보정을 위한 조정 전압을 결정하게 된다.

<118> 다음, 마이크로프로세서(17)는 5개의 피드백 전압, 즉 조정전압을 D/A 변환기(15)를 통해 비선형 오차 보정부(300)로 피드백시켜  $90^\circ$  위상 혼합부(200) 즉, 믹서(9a)(9b)에서 출력되는 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )의 옵셋과 진폭 그리고 위상을 보정하게 된다.

<119> 다시 말하면, 마이크로프로세서(17)로부터 출력된 조정 전압이 D/A 변환기(15)를 통해 옵셋 보정기(11a)(11b)에 각각 입력되어, 믹서(9a)(9b)로부터 출력되는 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )의 옵셋  $I_{xo}$ 와  $I_{yo}$ 가 '0'이 되도록 보정되게 된다. 또한, 마이크로프로세서(17)로부터 출력된 조정 전압이 D/A 변환기(15)를 통해 진폭 보정기(12a)(12b)에 각각 입력되어, 옵셋 보정기(11a)(11b)를 통해 출력한 두 신호의 진폭 a와 b가 동일한 값을 가지도록 보정된다. 마지막으로, 마이크로 프로세서

(17)로부터 공급되는 조정 전압을 입력받은 위상 보정기(13)는 옵셋 보정기(11a)(11b)와 진폭 보정기(12a)(12b)를 통한 최종의 두 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 위상 차이가  $90^\circ$ 가 나도록, 즉 위상차( $\psi$ )가 '0'이 되도록 보정된다.

<120> 따라서, 간섭계(100)에서 발생한 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )의 진폭 a,b와 옵셋  $I_{xo}$ ,  $I_{yo}$  그리고 위상차( $\psi$ ) 등의 비선형 오차가 비선형 오차 보정부(300)에 의해 보정되므로 최종적으로 마이크로 프로세서(17)에 입력되는 신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )는 수학식 10,11과 같은 순수한 싸인, 코싸인 형태의 신호가 된다.

<121> 상기한 두 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )를 입력받은 위상각 계산부(400)는 내부의 아크탄젠트 함수(arctangent function)를 하는 위상 계산회로에 의해 정확한 위상을 계산하고, 이를 기초로 하여 이동거울(4b)의 이동량을 계산하게 된다.

<122> 본 발명의 다른 실시예로서는 위의 비선형 오차 보정부(300)에서 옵셋 보정기(11a)(11b)와 진폭 보정기(12a)(12b) 그리고 위상 보정기(13)의 순서를 서로 바꾸어 배치하여도 본 발명의 목적을 달성할 수 있다.

<123> 본 발명의 성능시험을 위하여 도 5와 같은 본 발명에 의한 장치의 두 곳으로부터의 출력, 즉 저주파 필터(9a)(9b)로부터 출력되는 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )와 비선형 오차 보정부(300)로부터 최종적으로 출력되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )를 각각 도시되지 않은 데이터 입출력보드(data acquisition board)의 A/D 변환기를 통해 성능시험을 위한 소정의 알고리즘이 내장된 성능시험용 컴퓨터에 입력함으로써 본 발명의 비선형 오차 보정부(300)에 의한 옵셋, 진폭, 위상 등의 보정으로 비선형 오차가 제거된 결과를 모니터링 할 수 있다.

<124> 즉, 각 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 잔류 오차(residual error)를 측정함으로써 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )는 비선형 오차가 보정되기 이전, 즉 종래의 기술로부터 얻을 수 있는 신호이고, 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )는 본 발명의 비선형 오차 보정부(300)에 의해 옵셋, 진폭, 위상 등이 보정되어 비선형 오차가 제거된 신호임을 확인할 수 있다.

<125> 이러한 성능시험을 위해서는 도 5의 2 주파수 레이저 간섭계(100)를 설치하는데, 이때 이동거울(4b)은 피에조 변환기(Piezo transducer)에 의해 아주 작은 길이(수십  $\mu\text{m}$ )를 움직일 수 있는 이동대 위에 설치하였다.

<126> 이동거울(4b)이 서서히 이동하는 중에 성능시험용 컴퓨터는 저주파 필터(9a)(9b)로부터의 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )와 비선형 오차 보정부(300)로부터의 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )를 각각 입력받아 위의 수학식 20, 21의 타원곡선에 적용(fitting)하여 각 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )( $I_x'$ )( $I_y'$ )에 대한 타원계수를 각각 구한다. 이렇게 얻어진 타원계수를 수학식 12와 22에 각각 대입하여 각각 위상을 구한 후 위의 수학식 12와 22로 구한 위상값의 차이로부터 두 종류의 신호( $I_x$ )( $I_y$ )와 신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )에 대하여 잔류오차를 각각 계산하였다.

<127> 이렇게 컴퓨터에 의해 계산된 잔류오차는 레이저 간섭계가 갖는 비선형 오차와 이것이 본 발명의 비선형 오차 보정법에 의해 오차가 보정된 후 남아있는 오차를 계산에 의해 구한 것으로서, 이는 도 8과 같이  $90^\circ$ 위상 혼합부(200)의 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )에 대한 결과는 점선으로 표시되고, 비선형 오차 보정부(300)의 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )에 대한 결과는 실선으로 표시되어 있다.

<128> 즉, 도 8에 의하면, 비선형 오차 보정부(300)에 의해 옵셋, 진폭, 위상 등의 보정이 이루어진 경우의 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )가 비선형 오차 보정부(300)에 의해 보정이 이루어지기 이전의 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ ) 보다 훨씬 작은 잔류오차를 가지고 있음을 알 수 있다.

<129> 본 발명의 성능을 보다 정량적으로 분석하기 위해 2 주파수 레이저 간섭계(100)의 값과 정전용량형 길이 측정기의 값을 동시에 비교하기로 한다.

<130> 먼저, 위의 방법과 마찬가지로 2 주파수 간섭계(100)를 설치한 후 피에조 변환기를 이용하여 이동거울(4b)을 천천히 이동시키면서 도 5의 2 주파수 레이저 간섭계(100)로부터 얻어진 두 쌍의 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ ), ( $I_x'$ )( $I_y'$ )와 정전용량형 길이 측정기에 의해 측정된 출력을 컴퓨터에 동시에 입력하게 된다.

<131> 위의 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )의 아크탄젠트, 즉 수학식 12로 계산하여 얻어진 즉, 비선형 오차가 보정되지 않은 이동거울(4b)의 이동량과 정전용량형 길이 측정기의 출력을 선형 적용(linear fitting)한 결과의 차이가 도 9에서 +자 선으로 표시되어 있다. 그림을 보면, 2 주파수 레이저 간섭계(100)에서의 비선형 오차로 인한 주기적인 정현파(sinoidal wave)의 신호와 정전용량형 길이 측정기의 비선형 오차인 아주 완만한 오차를 도 9의 그래프에서 확인할 수 있다.

<132> 또한, 비선형 오차 보정부(300)의 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 아크탄젠트, 즉 수학식 12로 계산하여 얻은, 즉 비선형 오차 보정부(300)에 의해 옵셋, 진폭, 위상 등을 보정한 상태에서의 이동거울(4b)의 이동량과 정전용량형 길이 측정기의 출력을 5차식 적용(5<sup>th</sup> order polynominal fitting)한 결과의 차이가 도 9에서 실선으로 표시되어 있다.

<133> 이 경우 +자 선의 그림에서 보였던 정현파의 주기적인 신호가 제거됨을 알 수 있다. 즉, 이는 본 발명의 2 주파수 레이저 간섭계(100)의 비선형 오차가 제거됨을 보여준다.

<134> 도 8과 도 9에 의하면, 본 발명의 적용으로 2 주파수 레이저 간섭계(100)의 비선형 오차가 제거되어, 비선형 오차가 제거되지 않은 종래 기술에 비해 길이 측정의 정확도가 향상됨을 알 수 있다.

#### 【발명의 효과】

<135> 따라서, 본 발명에 의하면 90도 위상혼합기의 출력신호에 대한 옵셋, 진폭, 위상 등의 보정으로 2 주파수 레이저 간섭계에서 발생되는 주기적인 비선형 오차를 제거함으로써 2 주파수 레이저 간섭계를 이용한 길이 측정의 정확도를 크게 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

<136> 이상에서 본 발명은 기재된 구체적인 실시예에 대해서만 상세히 설명되었지만 본 발명의 기술 사상 범위 내에서 다양한 변형 및 수정이 가능함은 당업자에게 있어서 명백한 것이며, 이러한 변형 및 수정이 첨부된 특허청구범위에 속함은 당연한 것이다.

## 【특허청구범위】

## 【청구항 1】

2 주파수 레이저 간섭계와 90°위상 혼합부 및 위상각 계산부를 구비하며, 고정 및 이동거울에 반사된 두 주파수 레이저 광속의 간섭으로 생성된 길이 측정을 위한 측정신호( $I_m$ )에 두 주파수 레이저 광속의 간섭으로 생성된 기준신호( $I_r$ )와 90°위상 변환된 기준신호( $I_r'$ )를 혼합한 후 이들로부터 고주파 성분을 필터링하여 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )를 생성하고, 이들로부터 길이 측정을 위한 위상각( $\theta$ )을 구하는 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정방법에 있어서, 상기 90°위상 혼합부에서 출력되는 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )와, 이에 포함되어 있는 진폭  $a, b$ 와 옵셋  $I_{xo}, I_{yo}$  그리고 위상차  $\phi$  등의 타원계수를 구하고, 이를 아래의 수학식에 적용하여 위상각( $\theta$ )을 계산하는 것을 특징으로 하는 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정방법.

$$\theta = \tan^{-1} [\cos\phi (\sin\phi + (b/a)(I_x - I_{xo})/(I_y - I_{yo}))]$$

## 【청구항 2】

2 주파수 레이저 간섭계와 90°위상 혼합부 및 위상각 계산부를 구비하며, 고정 및 이동거울에 반사된 두 주파수 레이저 광속의 간섭으로 생성된 길이 측정을 위한 측정신호( $I_m$ )에 두 주파수 레이저 광속의 간섭으로 생성된 기준신호( $I_r$ )와 90°위상 변환된 기준신호( $I_r'$ )를 혼합한 후 이들로부터 고주파 성분을 필터링하여 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )를 생성하고, 이들로부터 길이 측정을 위한 위상각( $\theta$ )을 구하는 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정방법에 있어서,

상기  $90^\circ$  위상 혼합부에서 출력되는 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )로부터 이 신호의 진폭  $a, b$  와 옵셋  $I_{xo}, I_{yo}$  그리고 위상차  $\phi$  등의 타원계수를 구하고 이 타원 계수와 출력 신호( $I_x$ )( $I_y$ )의 값을 아래의 수학식에 적용하여 위상각( $\theta$ )을 계산하는 방식으로 각 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )와 이들로부터 계산된 위상각( $\theta$ )을 한 쌍으로 하는 데이터로 각 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )에 대한 룩업 테이블(lookup table)을 작성하여, 위상각( $\theta$ )을 측정할 때 상기  $90^\circ$  위상 혼합부에서 출력되는 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )와 한 쌍을 이루는 위상각( $\theta$ )을 상기 룩업 테이블로부터 읽어내는 것을 특징으로 하는 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정방법.

$$\theta = \tan^{-1} [\cos\phi (\sin\phi + (b/a)(I_x - I_{xo})/(I_y - I_{yo}))]$$

### 【청구항 3】

2 주파수 레이저 간섭계와  $90^\circ$  위상 혼합부, 비선형 오차 보정부, 위상 계산부를 구비하여, 고정 및 이동거울에 반사된 두 주파수 레이저 광속의 간섭으로 생성된 길이 측정을 위한 측정신호( $I_m$ )에 두 주파수 레이저 광속의 간섭으로 생성된 기준신호( $I_r$ )와  $90^\circ$  위상 변환된 기준신호( $I_r'$ )를 혼합한 후 이들로부터 고주파 성분을 필터링하여 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )를 생성하고, 이들로부터 길이 측정을 위한 위상각( $\theta$ )을 구하는 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 비선형 오차 보상방법에 있어서,

상기 비선형 오차 보정부에서 출력되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 진폭  $a, b$ 와 옵셋  $I_{xo}, I_{yo}$  그리고 위상차  $\phi$  등의 타원계수를 계산하는 제 1단계;

상기 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )와 타원계수로부터 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 옵셋과 진폭

그리고 위상을 보정하기 위한 조정 전압을 계산하는 제 2단계;

상기 조정 전압에 의해 상기 비선형 오차 보정부에서 출력되는

출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 옵셋  $I_{x0}, I_{y0}$ 가 '0'이 되고, 진폭  $a, b$ 가 동일한 값을 가지며

, 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ ) 사이에서  $90^\circ$ 를 벗어난 위상차  $\psi$ 가 '0'이 되도록 보정하는

제 3단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위

한 비선형 오차 보상방법.

#### 【청구항 4】

2 주파수 레이저 간섭계와  $90^\circ$ 위상 혼합부, 비선형 오차 보정부, 위상각 계산부를 구비하며, 고정 및 이동거울에 반사된 두 주파수 레이저 광속의 간섭으로 생성된 길이 측정을 위한 측정신호( $I_m$ )에 두 주파수 레이저 광속의 간섭으로 생성된 기준신호( $I_r$ )와  $90^\circ$ 위상 변환된 기준신호( $I_r'$ )를 혼합한 후 이들로부터 고주파 성분을 필터링하여 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )를 생성하고, 이들로부터 길이 측정을 위한 위상각( $\theta$ )을 구하는 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정방법에 있어서,

상기 비선형 오차 보정부에서 출력되는 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )의 진폭  $a, b$ 와 옵셋

$I_{x0}, I_{y0}$  그리고 위상차  $\psi$  등의 타원계수를 계산하는 제 1단계;

상기 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )와 타원계수로부터 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 옵셋과 진폭

그리고 위상을 보정하기 위한 조정 전압을 계산하는 제 2단계; 및

상기 조정 전압에 의해 상기 비선형 오차 보정부에서 출력되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 옵셋  $I_{x0}, I_{y0}$ 가 '0'이 되고, 진폭  $a, b$ 가 동일한 값을 가지며 . 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ ) 사이에서  $90^\circ$ 를 벗어난 위상차  $\psi$ 가 '0'이 되도록 보정하는 제 3단계; 및

상기 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 옵셋, 진폭, 위상이 보정된 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )를 아래의 수학식에 적용하여 위상각( $\theta$ )을 계산하는 제 4단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정방법.

$$\theta = \arctan(I_y/I_x)$$

### 【청구항 5】

두 주파수 레이저 광속의 간섭으로 생성된 기준신호( $I_r$ )와 고정 및 이동거울 (4a)(4b)에 반사된 두 주파수 레이저 광속의 간섭으로 생성된 길이 측정을 위한 측정신호( $I_m$ )를 출력하는 2 주파수 레이저 간섭계(100);

상기 간섭계(100)에서 출력되는 측정신호( $I_m$ )에 기준신호( $I_r$ )와  $90^\circ$ 위상 변환된 기준신호( $I_r'$ )를 각각 혼합한 후 고주파 성분을 필터링하여 위상 감지를 위한 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )를 출력하는  $90^\circ$ 위상 혼합부(200);

비선형 오차 보정부(300)에서 출력되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )를 피드백받아 상기 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 진폭  $a, b$ 와, 옵셋  $I_{x0}, I_{y0}$  그리고 위상차  $\psi$  등의 타원계 수를 구하고, 이로부터 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 진폭과 옵셋, 위상을 보정하기 위한 조정 전압을 계산하고, 상기 계산된 조정전압에 의해 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의

옵셋  $I_{x0}, I_{y0}$  가 '0'이 되고, 진폭 a, b가 동일한 값을 가지며, 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ ) 사이에서  $90^\circ$ 를 벗어난 위상차  $\psi$ 가 '0'이 되도록 보정하는 비선형 오차 보정부(300); 및

상기 비선형 오차 보정부(300)로부터 출력되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )를 아래의 수학식에 적용하여 위상각( $\theta$ )을 구하는 위상각 계산부(400);  
를 포함하는 것을 특징으로 하는 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정시스템.

$$\theta = \arctan(I_y'/I_x')$$

### 【청구항 6】

제 5항에 있어서,

상기 간섭계(100)는, 주파수가 서로 다른 수직·수평의 편광성분을 갖는 레이저 광속( $\omega_1$ )( $\omega_2$ )을 발진하는 레이저(1);  
상기 레이저 광속을 편광 광분리기(3)에 입사하기 위한 측정광과 편광판(5a)을 통해 광검출기(6a)에 입사하기 위한 기준광으로 각각 분리하는 광분리기(2);  
상기 광분리기(2)의 기준광에서 두 레이저 광속의 간섭신호인 기준신호( $I_r$ )를 검출하여 막서(8a)와  $90^\circ$ 위상 변환기(7)에 각각 공급하는 광검출기(6a);  
상기 광분리기(2)에서 출력되는 두 레이저 광속의 측정광을 고정거울(4a)과 이동 거울(4b)에 입사시켰다가 반사되는 두 레이저 광속을 다시 혼합한 후 편광판(5b)을 통해 광검출기(6b)에 공급하는 편광 광분리기(3); 및

상기 편광 광분리기(3)의 측정광에서 두 레이저 광속의 간섭신호인 측정신호( $I_m$ )를 검출하여 믹서(8a)(8b)에 각각 공급하는 광검출기(6b);  
를 포함하는 것을 특징으로 하는 상기 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정  
을 위한 위상각 측정시스템.

### 【청구항 7】

제 5항에 있어서,  
상기  $90^\circ$ 위상 혼합부(200)는, 상기 광검출기(6a)에서 공급되는 기준신호( $I_r$ )를  
 $90^\circ$ 위상 변환시켜 믹서(8b)에 공급하는  $90^\circ$ 위상 변환기(7);  
상기 광검출기(6b)에서 출력되는 측정신호( $I_m$ )에 상기 광검출기(6a)에서 출력되  
는 기준신호( $I_r$ )를 혼합하는 믹서(8a);  
상기 광검출기(6b)에서 출력되는 측정신호( $I_m$ )에 상기  $90^\circ$ 위상 변환기(7)를 통해  
 $90^\circ$ 위상 변환된 기준신호( $I_r$ )를 혼합하는 믹서(8b); 및  
상기 믹서(8a)(8b)에서 출력되는 출력신호( $I_x$ )( $I_y$ )로부터 고주파 성분을 필터링  
하여 옵셋 보정기(11a)(11b)에 각각 공급하는 저주파 필터(9a)(9b);  
를 포함하는 것을 특징으로 하는 상기 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정  
을 위한 위상각 측정시스템.

### 【청구항 8】

제 5항에 있어서,

상기 비선형 오차 보정부(300)는, A/D 변환기(14)를 통해 비선형 오차 보정부(300)로부터 피드백되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 진폭 a, b와, 옵셋  $I_{xo}$ ,  $I_{yo}$  그리고 위상차  $\psi$  등의 타원계수를 구하고, 이로부터 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 진폭과 옵셋, 위상을 보정하기 위한 조정 전압을 계산하는 마이크로프로세서(17); D/A 변환기(15)를 통해 상기 마이크로프로세서(17)에서 출력되는 조정 전압에 의해 상기 비선형 오차 보정부(300)로부터 피드백되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 옵셋  $I_{xo}$ ,  $I_{yo}$  가 '0'이 되도록 보정하는 옵셋 보정기(11a)(11b); 상기 D/A 변환기(15)를 통해 상기 마이크로 프로세서(17)로부터 출력되는 조정 전압에 의해 상기 비선형 오차 보정부(300)를 통해 피드백되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ )의 진폭 a, b가 동일한 값을 갖도록 보정하는 진폭 보정기(12a)(12b); 및 상기 D/A변환기(15)를 통해 상기 마이크로 프로세서(15)로부터 출력되는 조정 전압에 의해 상기 비선형 오차 보정부(300)를 통해 피드백되는 출력신호( $I_x'$ )( $I_y'$ ) 사이에서  $90^\circ$ 를 벗어난 위상값  $\psi$ 가 '0'이 되도록 보정하는 위상 보정기(13); 를 포함하는 것을 특징으로 하는 상기 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정시스템.

### 【청구항 9】

제 5항 또는 제 8항에 있어서,

상기 비선형 오차 보정부(300)의 옵셋 보정기(11a)(11b)와 진폭 보정기(12a)(12b) 그리고 위상 보정기(13)는, 서로 다른 순서로 배열 가능한 것을 특징

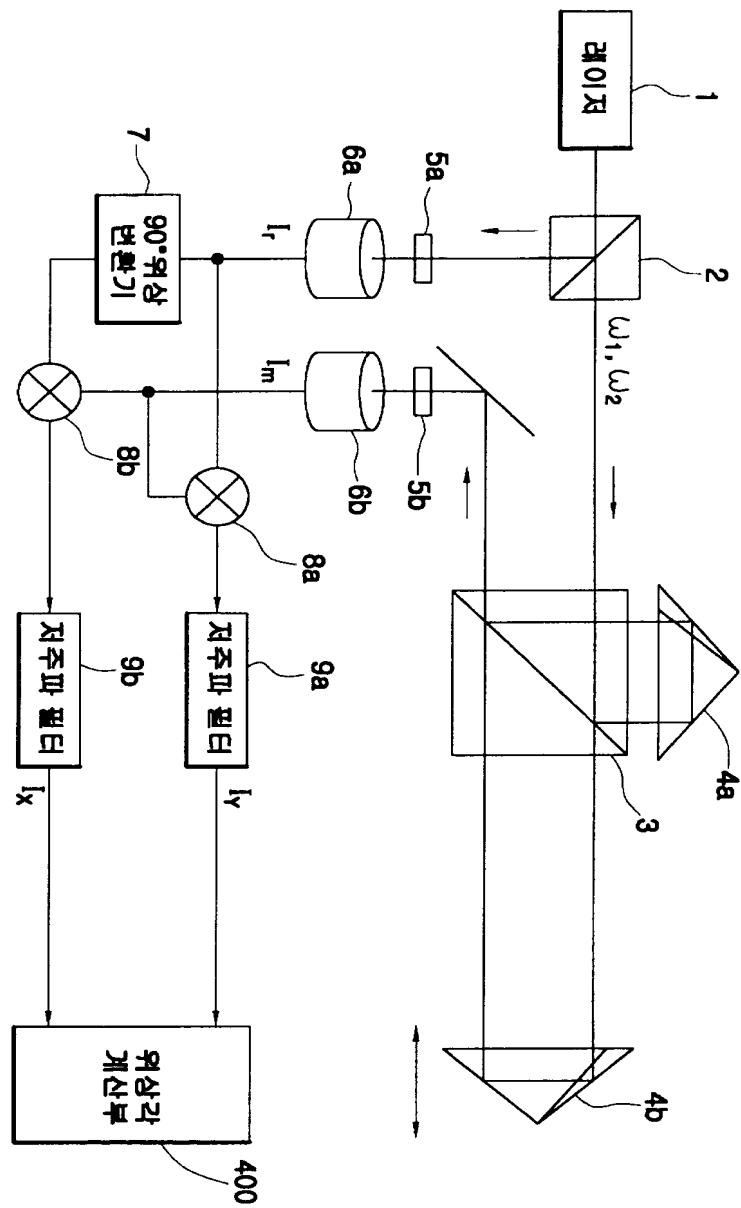
1020010052030

출력 일자: 2001/11/19

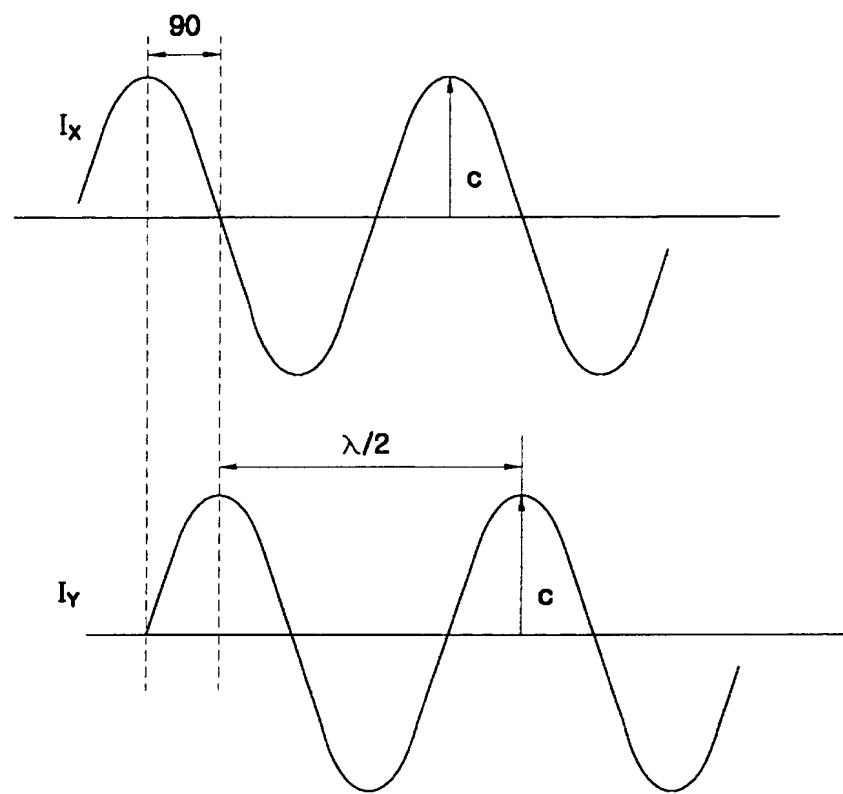
으로 하는 상기 2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정시스템.

## 【도면】

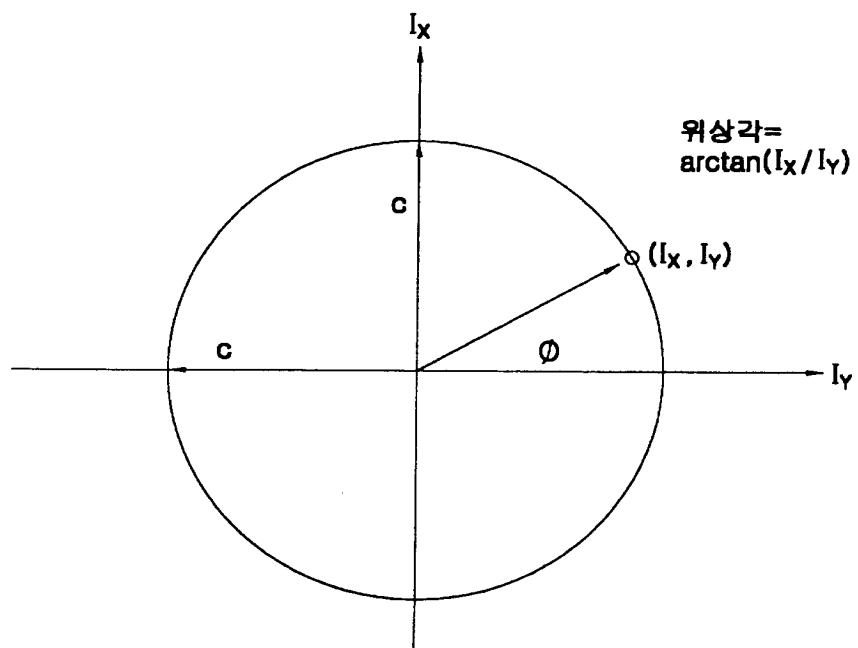
【도 1】



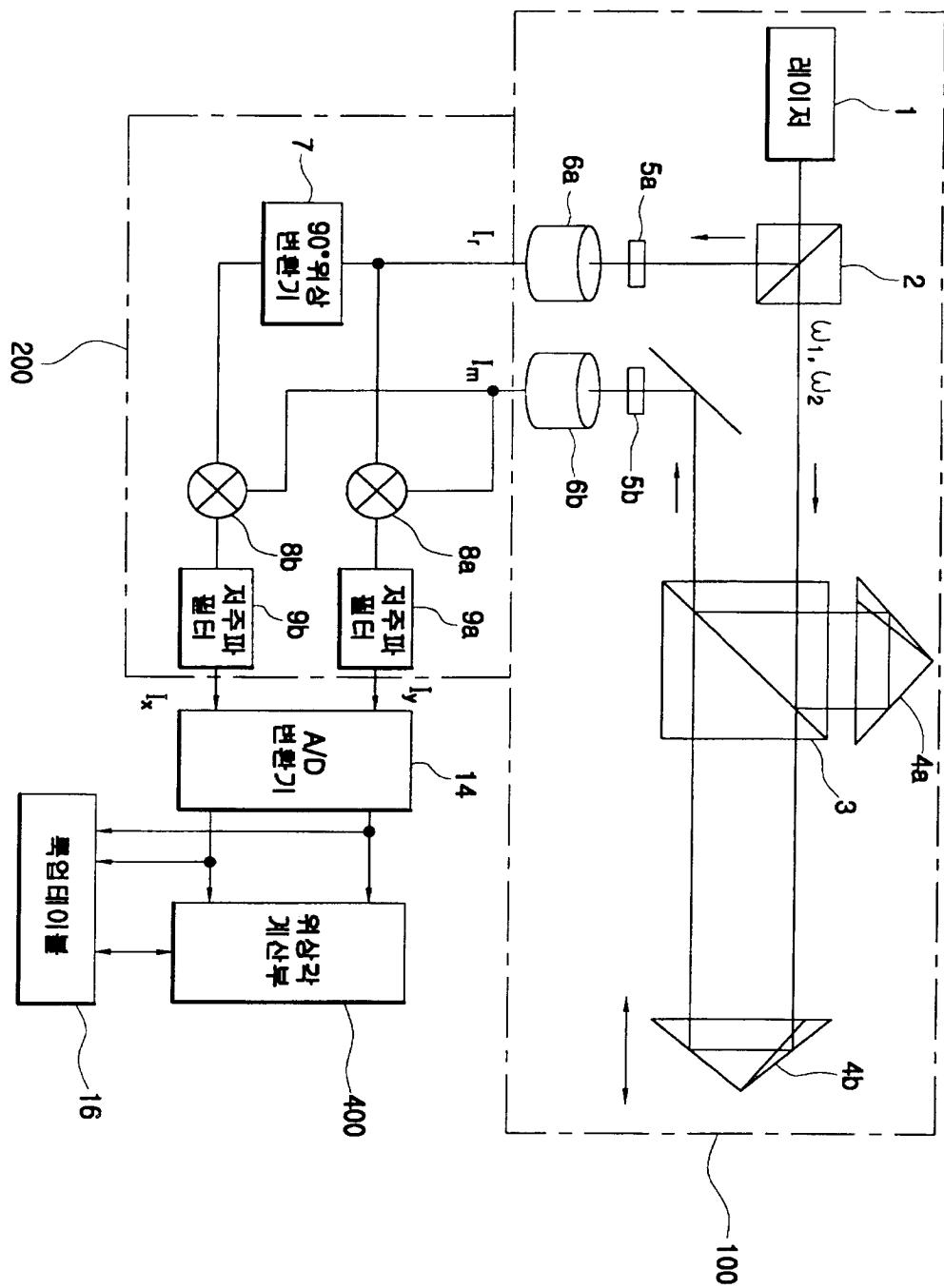
【도 2】



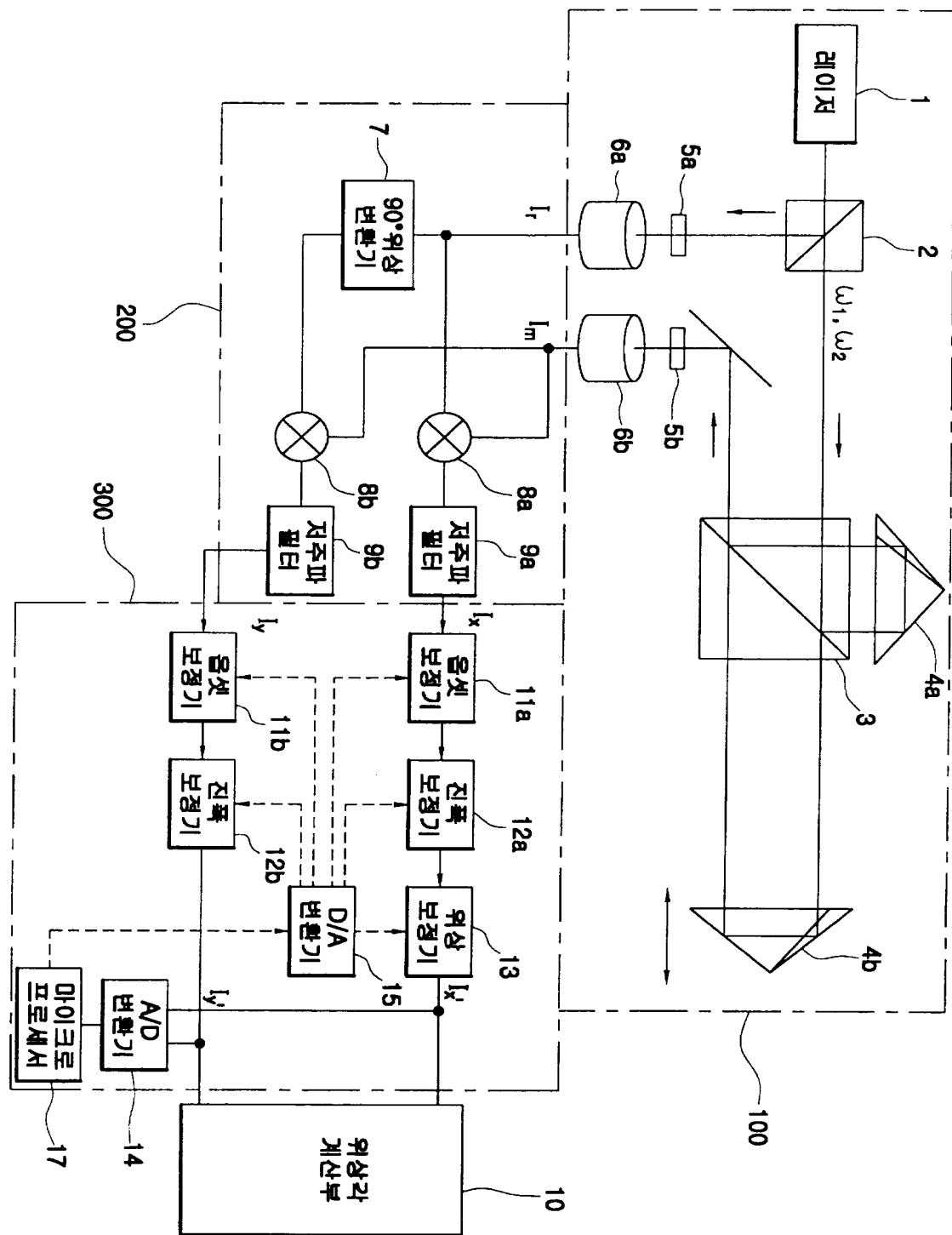
【도 3】



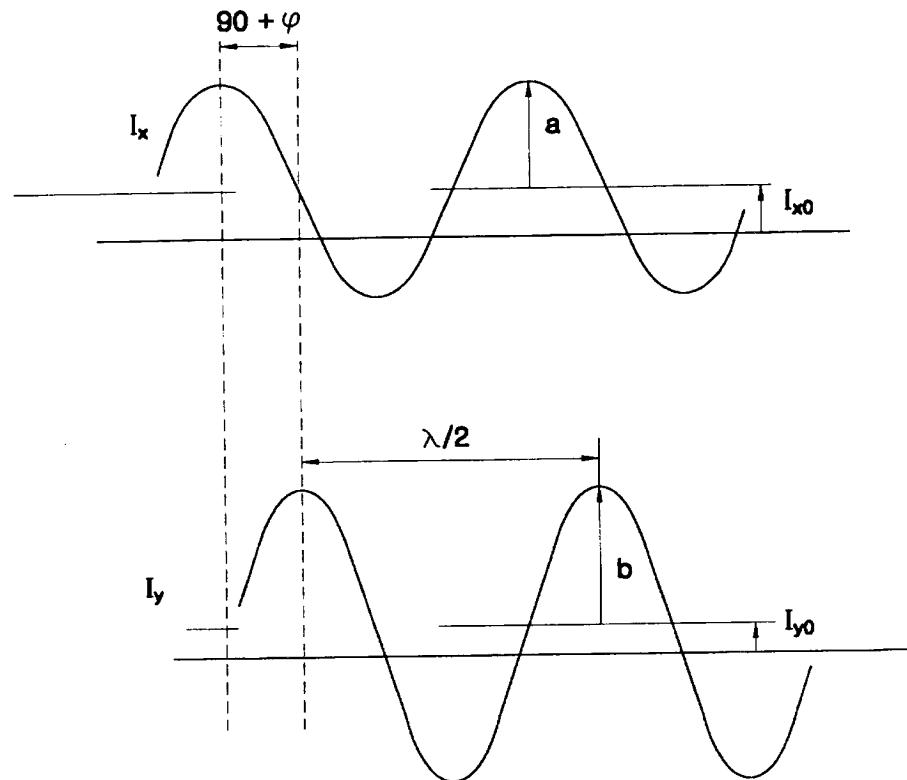
【도 4】



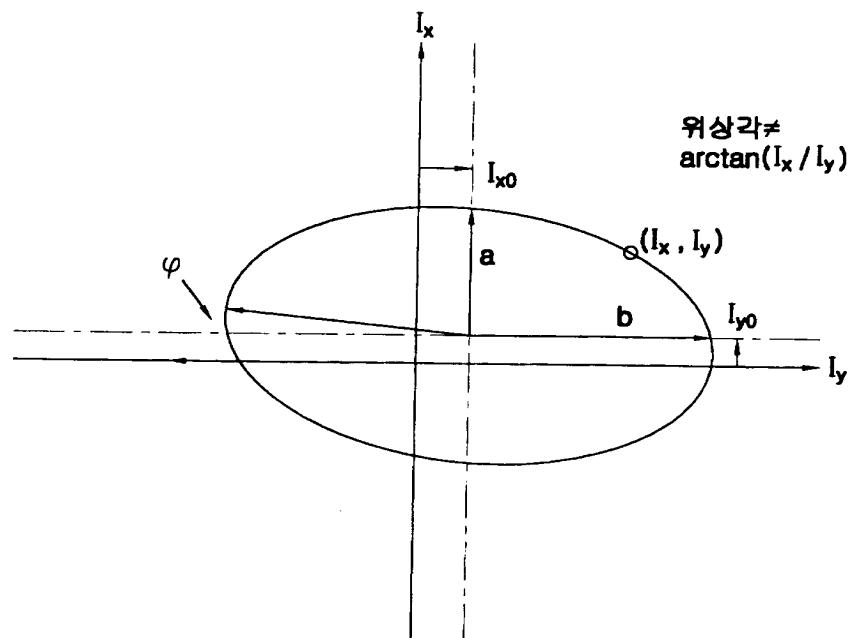
【도 5】



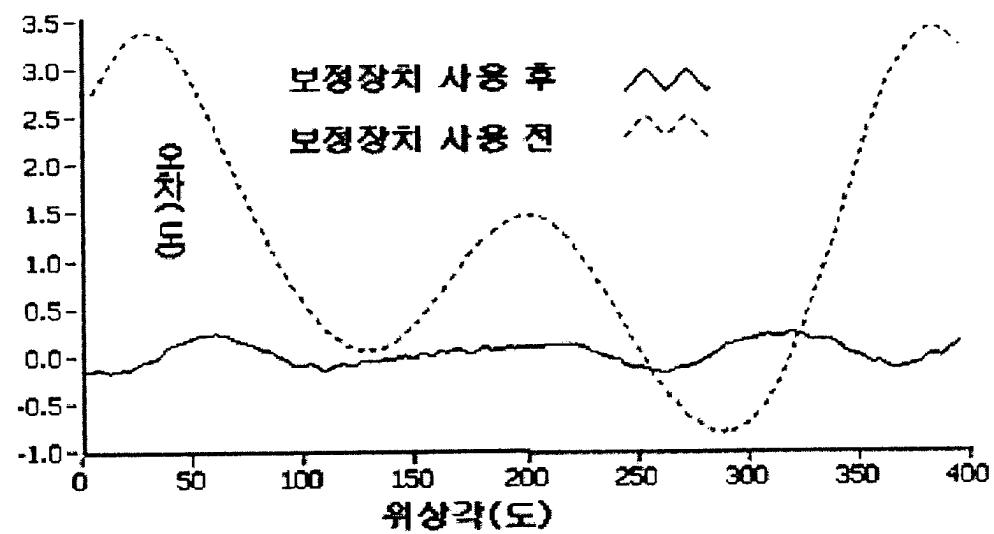
【도 6】



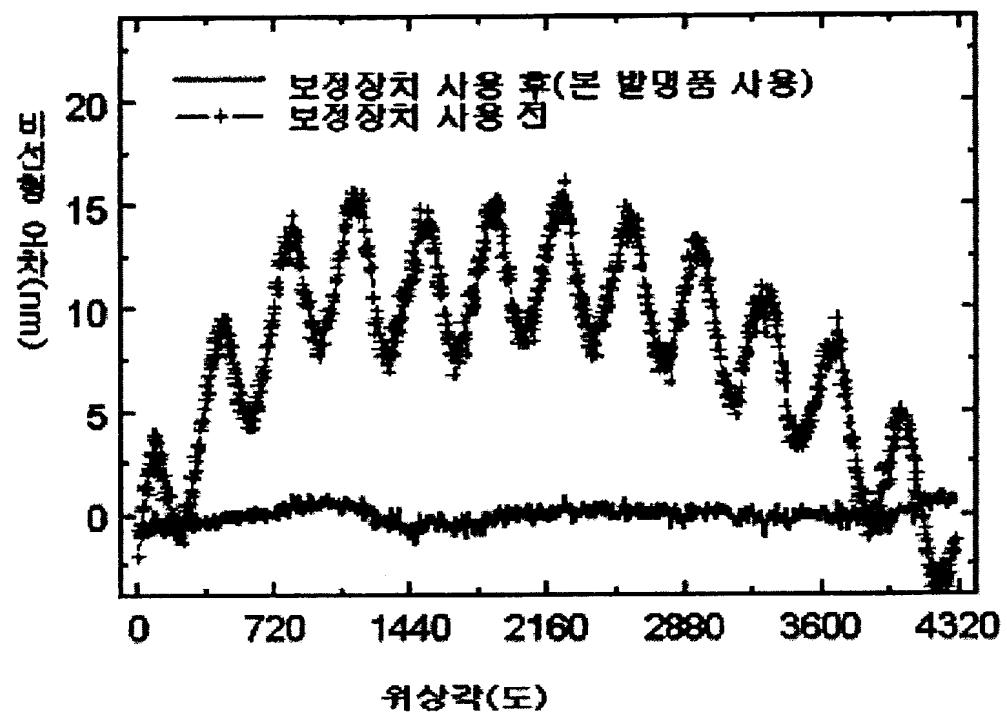
【도 7】



【도 8】



【도 9】



## 【서지사항】

【서류명】	명세서 등 보정서
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2001.09.25
【출원인】	
【명칭】	한국표준과학연구원
【출원인코드】	3-1998-007764-4
【사건과의 관계】	출원인
【대리인】	
【성명】	박만순
【대리인코드】	9-1998-000234-8
【포괄위임등록번호】	1999-041592-5
【사건의 표시】	
【출원번호】	10-2001-0052030
【출원일자】	2001.08.28
【심사청구일자】	2001.08.28
【발명의 명칭】	2 주파수 레이저 간섭계에서의 길이 측정을 위한 위상각 측정 방법 및 비선형 오차 보상방법 그리고 이를 이용한 길이 측정을 위한 위상각 측정방법 및 측정 시스템
【제출원인】	
【접수번호】	1-1-01-0217321-01
【접수일자】	2001.08.28
【보정할 서류】	명세서등
【보정할 사항】	
【보정대상 항목】	별지와 같음
【보정방법】	별지와 같음
【보정내용】	별지와 같음
【취지】	특허법시행규칙 제13조·실용신안법시행규칙 제8조 의 규정에의하여 위와 같 이 제출합니다. 대리인 박만순 (인)

**【수수료】****【보정료】** 0 원**【추가심사청구료】** 0 원**【기타 수수료】** 0 원**【합계】** 0 원**【첨부서류】** 1. 보정내용을 증명하는 서류\_1통

【보정대상항목】 식별번호 94

【보정방법】 정정

【보정내용】

【수학식 18】

$$I_x = [(1 + \Gamma_2)/2] \cos\theta + \Gamma_1/2$$

【보정대상항목】 식별번호 96

【보정방법】 정정

【보정내용】

위의 수학식 18, 19를 보면, 리샤쥬 그림에서의 타원의 직경은  $\Gamma_2$ 에 의해 변경되고,  $\Gamma_1$ 에 의해 원점이 이동됨을 알 수 있다.